Научный журнал https://sibran.ru/journals/GIPR/

ГЕОГРАФИЯ ЗА РУБЕЖОМ

УДК 556.332.46 DOI: 10.15372/GIPR20250317

С.М. САЙФАНД*, Б. ДЖУРИН, Д. ДОГАНЧИЧ***, А. АФРАСИАБИАН******

*Ширазский университет, 0098, Шираз, бул. Джомхури Эслами, Иран, sivand57@yahoo.com
**Северный университет, 48000, Вараждин, ул. 104-й бригады, 3, Хорватия, bojan@unin.hr
***Загребский университет, Вараждин,
42000, Вараждин, пр. Галлерова 7, Хорватия, ddogan@gfv.unizg.hr
****Грацский технический университет, Институт прикладных наук о Земле,
8010, Рехбауэрштрассе, 12, Грац, Австрия, ardalan_afrasiabian@yahoo.com

КАРСТОВЫЕ ТЕРРИТОРИИ ИРАНА (НА ПРИМЕРЕ ГОРНОГО РЕГИОНА ЗАГРОС)

Исследованы трещиноватые закарстованные породы, покрывающие более 90 % территории хр. Загрос (Иран), что делает хорошо развитые карстовые водоносные горизонты основной гидрогеологической характеристикой хребта. Показано, что повышенный спрос на пресную воду привел к необходимости новых исследований карстовых вод в регионе Загрос. Выявлено, что наличие поверхностных и подземных карстовых особенностей и сильный сток из источников, питающих аллювиальный водоносный горизонт, делают иранский хр. Загрос уникальным гидрогеологическим регионом. Установлено, что первичная пористость известняка и интенсивная трещиноватость, вызванная тектонической активностью, облегчают поток грунтовых вод в карстовых областях. Сделан вывод, что изучение особенностей карстовой гидрогеологии в Загросе приведет к лучшему пониманию карстовых водоносных горизонтов в целом и поможет преодолеть проблему нехватки питьевой воды в регионе. Точные и полные данные о количестве скважин, источников и мест добычи, а также об объеме воды, добытой из этих резервуаров, необходимы для обеспечения защиты и сохранения этих ресурсов.

Ключевые слова: *карст, водные ресурсы, карбонатные образования, подземные воды, потребность в пресной воде, карстовая гидрогеология.*

S.M. SIVAND*, B. ĐURIN, D. DOGANČIČ***, A. AFRASIABIAN******

*Shiraz University, 0098, Shiraz, bul. Jomhoori Eslami, Iran, sivand57@yahoo.com
**University North, 48000, Varazdin, ul. 104 Brigade, 3, Croatia, bojan@unin.hr
***University of Zagreb, 42000, Varazdin, pr. Gallerova 7, Croatia, ddogan@gfv.unizg.hr
****Graz University of Technology, Institute of Applied Geosciences,
8010, Rechbauerstrasse 12, Graz, Austria, ardalan_afrasiabian@yahoo.com

KARST TERRAINS IN IRAN (A CASE STUDY OF THE ZAGROS MOUNTAIN REGION)

The fractured karstified rocks covering more than 90 % of the territory of the Zagros Range (Iran), which makes well-developed karst aquifers the main hydrogeological characteristic of the range, are investigated. It is shown that the increased demand for freshwater has led to the need for new studies of karst waters in the Zagros region. It is revealed that the presence of surface and subsurface karst features and strong discharge from springs feeding the alluvial aquifer make the Iranian Zagros Range a unique hydrogeological region. It is established that the primary porosity of limestone and intensive fracturing caused by tectonic activity facilitate the groundwater flow in karst areas. It is concluded that the study of the karst hydrogeology features in Zagros will lead to a better understanding of karst aquifers overall and help to overcome the problem of drinking water shortage in the region. The accurate and complete data on the number of wells, springs and extraction sites, as well as the volume of water extracted from these reservoirs, are necessary to ensure the protection and preservation of these resources.

Keywords: *karst, water resources, carbonate formations, groundwater, freshwater demand, karst hydrogeology.*

© 2025 Сайфанд С.М., Джурин Б., Доганчич Д., Афрасиабиан А.

ВВЕДЕНИЕ

Карстовые водоносные горизонты представляют собой ценный источник воды для больших территорий по всему миру, и Иран не является исключением. Климат в Иране засушливый и полузасушливый, и из-за неэффективного пространственного и временного распределения осадков ресурсы подземных вод в Иране особенно важны. Более того, в связи с количественной и качественной ограниченностью аллювиальных водных ресурсов и широким распространением карстовых образований в Иране изучение и исследование карстовых водных ресурсов приобретают особое значение [1]. Несмотря на то, что лишь 15,2 % земной поверхности покрыто карбонатными образованиями и карстовыми водоносными горизонтами, они снабжают питьевой водой 25 % населения земного шара. В Европе самый высокий процент карста, за ней следуют Северная Америка (19,6 %), Азия (18,6 %), Африка (13,5 %), Австралия и Океания (6,2 %) и Южная Америка (4,3 %) [2]. Карбонатные породы покрывают около 185 000 км^2, или примерно 11 % общей площади Ирана, и играют важную роль в водоснабжении во многих районах. Основной гидрогеологической особенностью хр. Загрос является наличие карбонатных пород, а трещиноватые закарстованные породы покрывают более 90 % территории хребта. Это приводит к образованию большого количества хорошо развитых карстовых водоносных горизонтов. В связи с обширным распространением карста и растущей потребностью в пресной воде в регионе Загрос начались новые исследования карстовых вод.

В последнее время вследствие сокращения количества и качества аллювиальных водоемов особое значение в Иране приобретают карстовые водоемы ввиду значительных запасов, нормы расхода, хорошего качества и обеспечения питьевой водой городов и сел. В некоторых случаях высокие скорости стока из карстовых источников имеют жизненно важное значение для пополнения водоносных горизонтов [3, 4]. Учитывая все это, карстовым водоемам следует уделять повышенное внимание, поскольку существует риск перекачки, снижения качества и их загрязнения.

РАЙОН И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Район исследования расположен на хр. Загрос на юге центральной части Ирана, в пределах от 51 до 56° в. д. и от 27°40′ до 31°15′ с. ш. В климатическом отношении этот район представляет собой засушливый и полузасушливый регион со среднегодовым количеством осадков 400 мм/год и среднегодовой температурой 20 °C [5]. Хребет Загрос включает в себя три зоны: Хузестанскую равнину, Складчатый Загрос и Высокий Загрос [6]. Хузестанская равнинная зона состоит из аллювиальных отложений, покрывающих все подстилающие пласты. Складчатый Загрос — из длинных линейных асимметричных складок. Антиклинали хорошо обнажены и разделены широкими долинами [7]. Геометрически антиклинали Загроса имеют цилиндрическую форму и обычно с обоих концов погружаются под более молодые отложения. Молодые отложения, перекрывающие карстовые водоносные горизонты, включают проницаемые и непроницаемые пласты. Отложения образуют мощный покров над синклиналями, расположенными между антиклиналями. Лишь вершины антиклиналей непокрыты и обнажают карбонатные образования. В основании карстовые водоносные горизонты ограничены непроницаемыми пластами (преимущественно мергелями). Основным источником питания являются осадки на поверхность карстового водоносного тела. Питание в основном аутогенное [8].

Объектами данного исследования стал карст в Иране в целом, а также карст и ресурсы подземных вод в Загросе.

Карст в Иране. Структурно Иран разделен на несколько зон, включая Загрос, Альборз, Центральный Иран и Копетдаг (рис. 1). Это районирование основано на истории геологии, стратиграфии и тектоники. Несомненно, оно может быть гораздо более детальным.

По геологическим особенностям и отличительным гидрогеологическим характеристикам можно выделить семь гидрогеологических подразделений (рис. 2): карбонатная формация, зрелый карст (сильно трещиноватый известняк); карбонатная формация, незрелый карст (умеренно трещиноватый известняк); карбонатная формация, карбонатные породы с низкой степенью трещиноватости; обломочные осадочные породы (конгломераты, песчаники и сланцы); интрузивные магматические породы и метаморфические породы; эффузивные магматические породы; эвапориты, соляные купола и диапиры.

На рис. 2 и в табл. 1 показаны гидрогеологические и карбонатные подразделения Ирана, а также их площадь и доля в процентах. Как видно, 10,9 % зон породных формаций Ирана составляют карбонатные подразделения, а 1,1 % — эвапоритовые. Так, в Иране доля подразделений, склонных к карстообразованию (карбонатных и эвапоритовых), составляет 12 %. Притом, что Загрос занимает лишь 18,5 % территории Ирана, 25,3 % его территории содержат карбонатные образования, что более

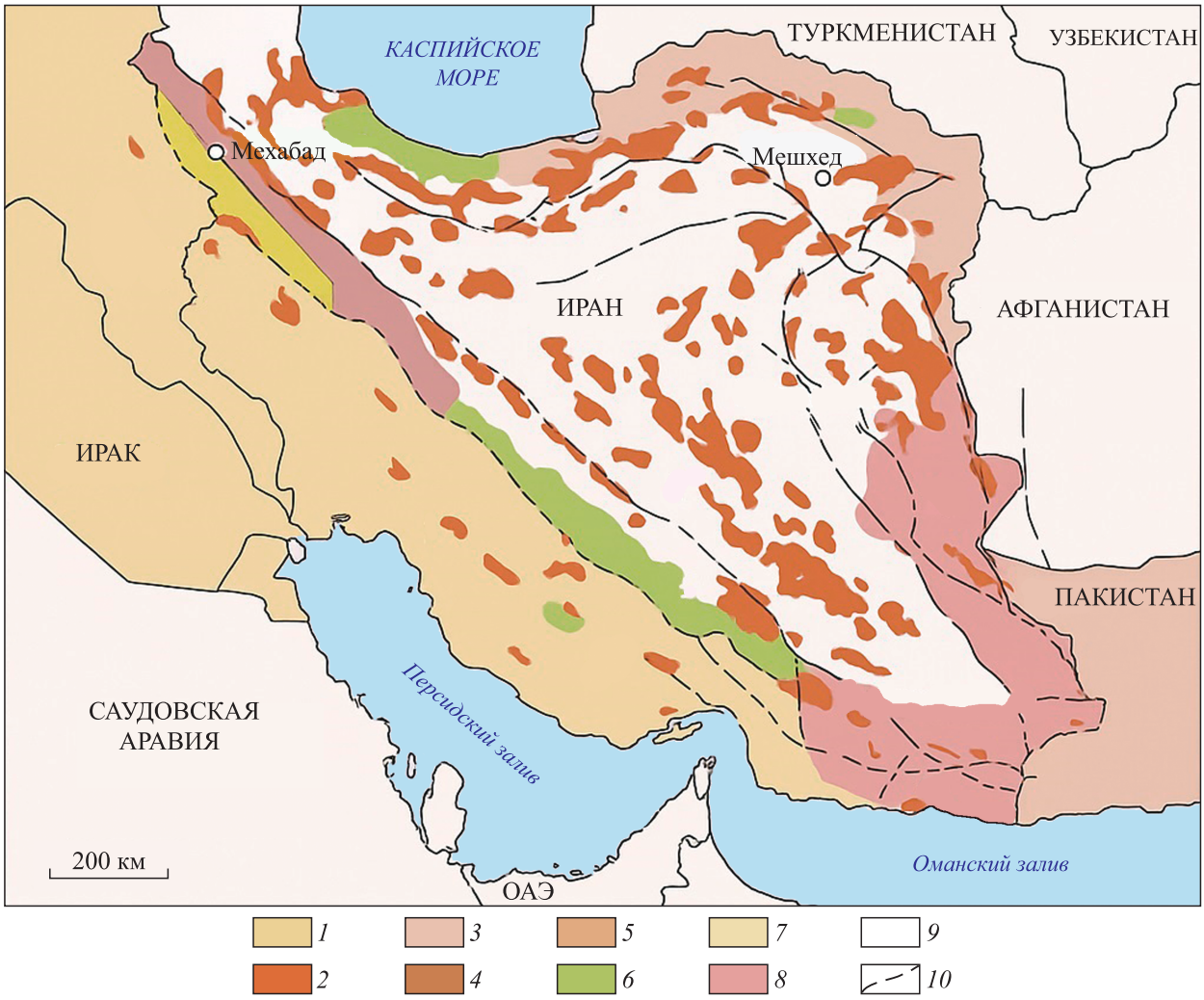

Рис. 1. Карта геологических зон Ирана [по 9, 10].

Зоны: *1* — Санандадж-Сирджанская; *2* — Магматическая дуга Альборза; *3* — Восточно-Иранская шовная. Магматические интрузии: *4* — мезозойские; *5* — эоценовые. *6* — пояс Нехбандан; *7* — эоценовые магматические породы; *8* — эоценовый комплекс земной коры; *9* — железорудный пояс Калайех-Заза; *10* — геологическая граница.

чем в 2,3 раза превышает средний показатель по стране. Существующие карбонатные образования указывают на присутствие полезных водоносных горизонтов в этом регионе Ирана. В Загросе в 4,4 раза больше закарстованных эвапоритов, чем в остальной части страны, и это представляет собой серьезную проблему для водоносных горизонтов Загроса, поскольку эти испарительные комплексы (соль и гипс) могут быть источником загрязнения карстовых водных ресурсов. В табл. 2 показаны доли площадей гидрогеологических подразделений в провинциях Ирана. Провинции Чахармахал и Бахтиари, Кохкилуе и Бойер-Ахмад имеют самую высокую долю таких площадей — 38,5 и 35,7 % соответственно, имеют самый высокий процент карбонатной площади по отношению к их общей площади, а Систан, Белуджистан и Кум — самый низкий процент карбонатных зон — 2,2 и 2,4 % соответственно. В провинции Фарс в целом больше всего карбонатных образований.

Карст в Загросе. Формирование пояса Загрос является результатом комплексного и обширного горообразования, начавшегося в палеозое и продолжающегося по сей день. Загросский складчато-надвиговый пояс (СНП Загрос) представляет собой зону деформированных пород земной коры протяженностью 1800 км, образовавшуюся во время столкновения Аравийской и Евразийской плит (см. рис. 2). Эта территория была подвергнута обширным исследованиям из-за существования залежей нефти и газа [12]. Здесь находится одна из крупнейших в мире нефтяных провинций, на которую приходится около 49 % разведанных запасов углеводородов и около 7 % мировых запасов. Она про-

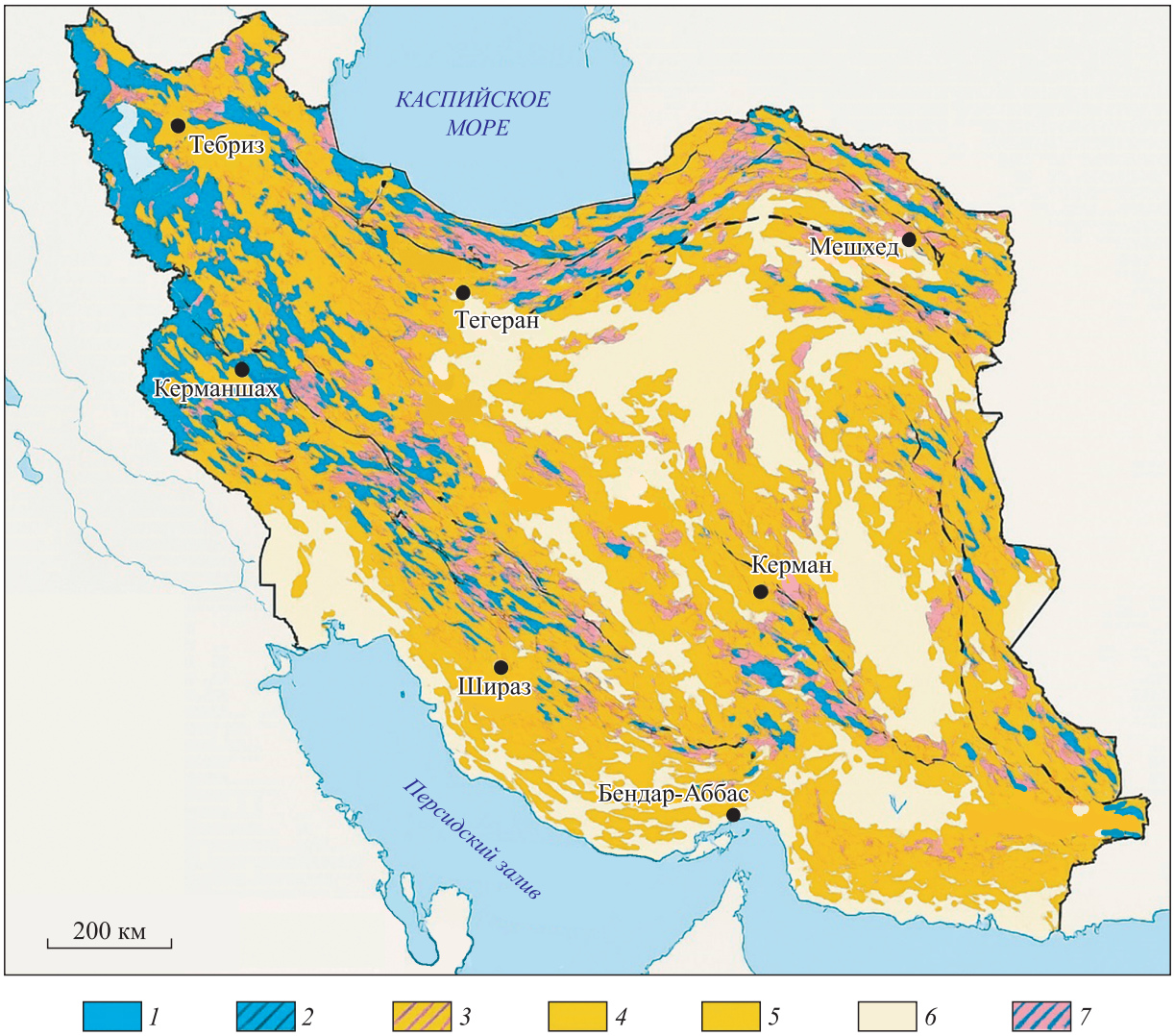

Рис. 2. Геологическая карта Ирана [по 11].

Карбонатная формация: *1* — зрелый карст, трещины; *2* — незрелый карст; *3* — карст низкой плотности. Породы: *4* — обломочные осадочные; *5* —метаморфические; *6* — внешние магматические; *7* — соляные купола.

Таблица 1

Сравнение площадей гидрогеологических подразделений Ирана в целом и Загроса

Гидрологические подразделения	Иран		Загрос	
	Площадь		Площадь	
	км^2	%	км^2	%
Известняк с высокой степенью трещиноватости, большой мощностью и обширным региональным распространением	47 748	2,9	38 112	12,5
средней трещиноватости, средней мощности и регионального распространения	28 072	1,7	7034	2,3
с тонким слоем осадков	104 332	6,3	33 239	10,5
Итого	180 152	10,9	77 385	25,3
Эвапориты и соли	18 618	1,1	15 273	5,0
Магматические породы	135 160	8,2	0	0
Осадочные породы	428 627	26,0	99 718	32,6
Итого	672 205	40,08	114 991	37,6

Таблица 2

Доли площадей гидрогеологических подразделений в провинциях Ирана, %

Провинция	Карбонаты (известняки)				Другие породные формации			
	с высокой степенью трещиноватости, большой мощностью и обширным региональным распространением	средней трещиноватости, средней мощности и регионального распространения	с тонким слоем осадков	Итого	Эвапориты и соли	Магматические породы	Осадочные породы	Итого
Фарс	17,5	0,7	9,4	27,6	2,2	0,3	24,7	28,6
Бушер	5,7	0,0	5,6	11,2	8,0	0,0	34,3	42,3
Хузестан	1,6	3,5	3,7	8,8	4,4	0,0	23,5	27,9
Кохгилуйе-Бойерахмад	31,1	0,7	3,8	35,7	15,1	0,0	33,1	48,2
Чахармахал-Бахтиари	5,4	10,4	22,7	38,5	0,4	0,4	26,3	30,6
Исфахан	0,2	1,2	8,8	10,2	0,1	6,8	10,5	33,7
Кум	0,0	0,0	2,4	2,4	0,1	12,6	10,8	25,1
Тегеран	3,2	2,4	2,9	8,6	0,1	17,2	23,7	41,9
Альборз	1,1	0,8	3,1	4,9	0,1	30,4	15,1	46,7
Мазендаран	9,0	8,6	10,8	28,4	0,3	7,1	33,7	43,4
Ардебиль	0,0	0,7	2,7	3,4	0,0	38,5	19,2	59,5
Гилян	3,2	2,1	10,0	15,3	0,0	23,7	15,1	45,9
Хамадан	10,2	3,0	17,9	31,1	4,8	1,0	30,0	39,6
Лурестан	0,9	0,2	4,1	5,1	0,0	1,8	11,5	26,7
Маркази	0,0	0,0	9,0	9,0	0,0	12,7	24,3	41,1
Казвин	1,5	0,2	2,4	4,1	0,1	31,8	15,3	49,4
Зенджан	0,8	3,0	2,0	5,7	0,1	12,9	33,9	53,4
Голестан	1,8	3,1	9,4	14,2	0,0	0,2	13,0	16
Хормозган	2,0	0,1	7,1	9,1	1,5	4,5	49,3	56,2
Керман	0,0	0,0	5,7	5,7	0,1	11,9	22,2	39,6
Северный Хорасан	1,5	15,0	3,7	20,2	0,0	2,1	46,5	49,4
Хорасан Разави	1,0	2,1	5,0	8,1	0,3	6,2	25,9	36,8
Южный Хорасан	0,1	1,0	6,0	7,1	0,2	16,5	14,6	34,7
Семнан	1,4	2,2	3,1	6,7	0,6	6,2	28,8	36,9
Йезд	0,0	0,4	8,1	8,5	0,3	3,1	17,1	35,3
Восточный Азербайджан	0,5	0,7	2,5	3,7	0,3	27,5	36,4	68,7
Северный Азербайджан	5,3	9,2	6,5	21,0	0,0	11,7	19,6	53,2
Илам	8,1	0,4	14,9	23,4	15,0	0,0	33,9	48,9
Керманшах	7,1	3,0	19,6	29,6	0,2	2,1	29,4	34,9
Курдистан	0,7	3,0	6,9	10,6	0,0	7,9	41,7	68,7
Систан и Белуджистан	0,0	0,0	2,2	2,2	0,5	6,5	38,6	50,5

стирается от Битлисской шовной зоны на северо-западе до границы с Макранским желобом восточнее Ормузского пролива на юго-востоке. СНП Загрос разделен на зоны с северо-востока на юго-запад. Зона Высокого Загроса простирается от Главного обратного разлома Загрос до непосредственно разлома Высокий Загрос на юго-западе. Эта зона представляет собой самую высокую часть хр. Загрос высотой более 4500 м. Следующая зона расположена между разломом Высоким Загросом и Главным фронтальным разломом и называется Складчатый Загрос. Основной характеристикой этой зоны являются многочисленные длинные складки и очень малое количество поверхностных разломов. Зона, расположенная к юго-западу от Главного фронтального разлома, считается частью фронтальной области несмотря на то, что активные структуры отмечены даже за пределами Загросского фронтального разлома [13, 14].

Последующая эрозия удалила более мягкие породы, такие как аргиллиты и алевролиты, оставив более прочные известняковые и доломитовые породы. Из-за распределения напряжений в районе Загроса в карстовых образованиях возникли нахлесточные соединения и трещины растяжения, которые являются значимым фактором движения грунтовых вод и дальнейшего растворения известняков, а иногда и доломитов [15, 16]. Процессы растворения касаются не только известняков и доломитов, но и эвапоритов, которые встречаются в Хормозской и Гаксаранской формациях.

Ресурсы подземных вод в Загросе. По гидрогеологическим характеристикам геологические образования Загроса также можно классифицировать на семь подразделений (рис. 3). Эта классификация

Рис. 3. Карта гидрогеологических единиц Загроса.

основана на идентификации, полудетальных исследованиях и опыте работы в этой области, а также на распространении и расходе источников. Стоит отметить, что в Загросе нет метаморфических и магматических пород.

Интенсивное карстообразование, вызванное тектонической активностью и большим количеством осадков (рис. 4) на территории Загроса, создает основное условие для возникновения обильных карстовых источников с высокими расходами воды на этой территории [17]. Самый высокий средний расход карбонатного источника в Загросе приходится на белый источник Лордеган (2800 л/с), самый низкий — на акведук Сартанг (94 л/с), а максимальный расход карбонатного колодца в Загросе — 90 л/с.

По данным статистики водных ресурсов за 2006–2011 гг., объем расхода воды из подземных источников, включая карбонатные, другие горные образования и аллювий, составляет 60,7 млрд м^3, из

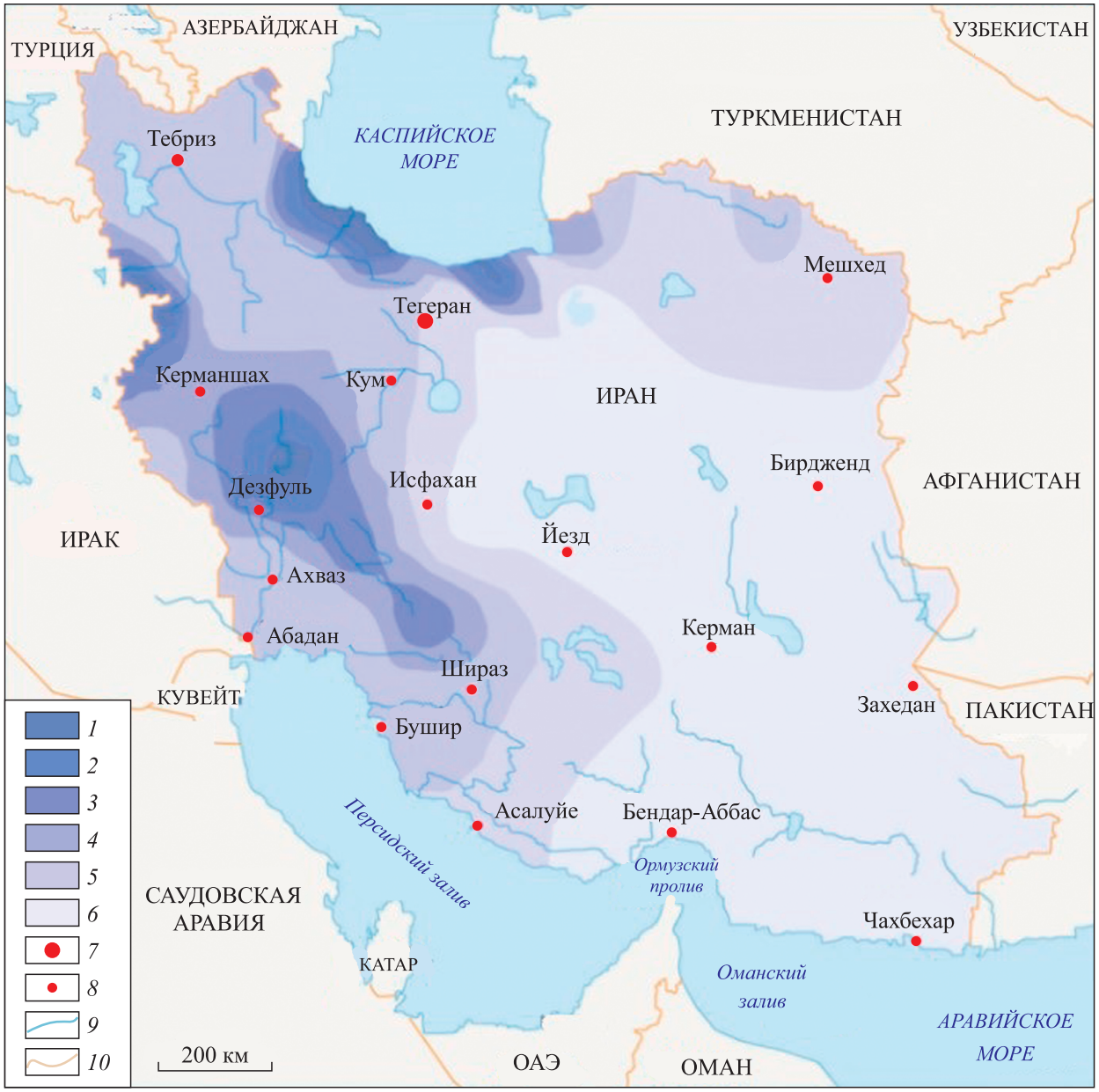

Рис. 4. Карта распределения осадков в Иране [по 18].

Распределение осадков, мм: *1* — 2200, *2* — 1900, *3* — 1600, *4* — 1200, *5* — 200, *6* — 0. *7* — столица; *8* — города; *9* — реки и вади. *10* — государственная граница.

Таблица 3

Количество и объем расхода водных ресурсов Ирана и Загроса

Территория	Колодцы			Родники			Канаты		
	Количество, ед.	Расход, млн м^3	Доля расхода, %*	Количество, ед.	Расход, млн м^3	Доля расхода, %*	Количество, ед.	Расход, млн м^3	Доля расхода, %*
Иран	776 763	46 219	76	174 096	10 169	17	41 089	4383	7
Загрос	139 737	9874	68	20 086	4213	29	2564	422	3

*Доля расхода рассчитывается по отношению к общему расходу каждой территории.

которых 76 % потребляется через колодцы, 17 % — через родники, а остальная часть — через канаты (табл. 3).

Таким образом, большая часть расхода осуществлялась через колодцы, что может быть одной из причин засушливого периода в Иране в последние годы. Объем расхода ресурсов подземных вод Загроса оценивается в 14,5 млрд м^3, что составляет 24 % объема расхода ресурсов подземных вод в Иране [19].

Литология смежных формаций влияет на качество воды карстовых источников [20]. Оно не меняется, если смежные формации представляют собой илистый известняк, глинистый известняк, мергелистый известняк и/или мергель, и в этих случаях вода имеет бикарбонатный тип. Тип воды может измениться с бикарбонатного на бикарбонатно-сульфатный, когда процент мергеля или мергелистого известняка в карстовых формациях увеличивается. В зависимости от наличия пластов гипса и ангидрита в карстовых формациях тип воды либо сульфатный, либо бикарбонатно-сульфатный. Основными источниками вод хлоридного типа являются проникновение соленой воды из близлежащих озер или аллювиальных водоносных горизонтов в карстовые водоносные горизонты, а также соленая вода из соляных куполов, смешивающаяся с карстовой водой. По-видимому, литология вышележащих и нижележащих образований может влиять на химические свойства карстовых вод, если пласты содержат повышенное количество мергеля, гипса и/или соли.

ИЗУЧЕНИЕ И ПРОБЛЕМЫ КАРСТОВЫХ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В ИРАНЕ

Доступ к водным ресурсам — одна из наиболее важных проблем, с которыми сегодня сталкивается человечество. В засушливых и полузасушливых регионах мира, таких как Иран, этот вопрос важен вдвойне. Возросшая эксплуатация аллювиальных водных ресурсов истощила эти ресурсы до такой степени, что сегодня в Иране можно найти лишь несколько равнин, которые не страдают от количественных и качественных ограничений использования воды. Это ограничение привело к тому, что больше внимания стало уделяться эксплуатации водных ресурсов карстовых и других породных образований. Их важность как последних доступных водных ресурсов требует, чтобы эксплуатация основывалась на точном и оптимальном планировании, а это можно сделать только путем точного выявления и мониторинга этих ресурсов и факторов, влияющих на их количество и качество. В Иране исследования водных ресурсов курирует Национальный исследовательский центр карста и твердых пород, действующий с 1970-х гг. Только 22 % территории Ирана (361 944 км^2) подверглось тщательному изучению карстовых образований, а полудетальные исследования были проведены на территории площадью 182 777 км^2. В то же время в связи с потребностью страны в узких специалистах в области гидрогеологии был создан факультет геологии Ширазского университета, который сам по себе сыграл значительную роль в продвижении исследований водных ресурсов страны. В прошлом исследования карстовых водных ресурсов в Иране были в основном ориентированы на определение объемов запасов и расходов, необходимых для постоянного снабжения городов и сел питьевой водой. Кроме того, были проведены исследования с целью получения более полного представления о поведении воды в карстовых водоносных горизонтах по сравнению с аллювиальными. Необходимо проводить более тщательные исследования водных ресурсов, чтобы разделить аллювиальные ресурсы и ресурсы твердых породных образований и сделать балансовые расчеты более точными. К сожалению, чрезмерное использование карстовых водоносных горизонтов во многих частях Ирана, независимо от баланса карстовых водоносных горизонтов, нанесло им непоправимый ущерб.

Несмотря на деятельность государственного и академического секторов, комплексные исследования карста еще не проводились на большей части территории Ирана, а предыдущие исследования

должны быть обновлены из-за недавних засух, пересыхания источников и акведуков, а также увеличения количества колодцев. В некоторых частях Ирана глубина колодцев в карсте достигла 400 м, и многие источники высохли из-за этого неправильного использования. В результате падения уровня воды на равнинах с известняковым дном образовались огромные воронки, иногда угрожающие промышленным, городским и сельским объектам (карстовые воронки Кабудар-Аханг в провинции Хамадан).

Карстовые водоемы сталкиваются и с другими проблемами, такими как загрязнение окружающей среды вследствие развития промышленности и урбанизации, ухудшение качества воды карстовых водоемов из-за соляных куполов и соленых озер и быстрое распространение загрязнения в связи с отсутствием самоочищения в карсте и т. д.

Еще одна проблема, связанная с карстом в Иране, — это пренебрежение карстовой инженерией. Некоторые из крупных иранских плотин и искусственных водоемов расположены в карбонатных формациях, и из-за недостаточной осведомленности и внимания к гидравлическому поведению этих формаций искусственные водоемы сталкиваются со значительной потерей воды (плотины Лар, Карун 4 и т. д.). Прекрасным примером инженерной ошибки является плотина Готванд. Она была построена в 2012 г. и на сегодняшний день является одной из крупнейших плотин в Иране. Она построена на р. Карун — единственной судоходной реке страны протяженностью 950 км, которая впадает в р. Шатт-эль-Араб. Это крупнейшая насыпная плотина Ирана, а емкость ее водохранилища составляет 4,5 млрд м^3, что делает его вторым по величине искусственным озером в стране. Согласно исследованиям Тегеранского университета, плотина Готванд увеличила соленость р. Карун на 35 % [21].

Рост населения, развитие городов, традиционное сельское хозяйство и растущая забота о здоровье населения с одной стороны и частые засухи с другой привлекли внимание иранских экспертов по водным ресурсам к подземным водоемам. Наличие запасов углеводородов и связанных с ними сернистых вод на различных уровнях Загроса не предполагает содержания подземных вод хорошего качества.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Карст в Загросе очень важен с точки зрения запасов и расходов, водоснабжения городов и деревень, строительства сооружений (карстовая инженерия) и геотуризма. Геологические исследования карстовых зон показывают, что Загрос по сравнению с другими частями Ирана (10,9 %) имеет более широкий спектр карбонатных образований (25,3 %), и в этом отношении запасы карстовых водных ресурсов более важны в данном регионе. Сравнение процента развития карбонатных образований в провинциях Ирана также показывает, что провинции с большим количеством карбонатов сталкиваются с меньшим количеством водных проблем. Чахармахал и Бахтиари (около 38,5 %), Кохгилуйе и Бойер-Ахмад (35,7 %), Керманшах (29,6 % и с большим количеством осадков) имеют богатые ресурсы карстовых подземных вод.

По данным исследований, объем стока воды из подземных источников, включая карбонатные, твердые породные образования и россыпные отложения, составляет 60,7 млрд м^3, из них 76 % — расход через колодцы, 17 % — через родники, а остальная часть — через каналы. Объем расхода из ресурсов подземных вод Загроса оценивается в 14,5 млрд м^3, что составляет 24 % от объема общих ресурсов подземных вод. Лучшие карстовые водоносные горизонты Загроса находятся в Асмари, Асмари-Джахроме, Тарбуре, Дариане, Фалиане, Сарваке, Бистоне, а также в верхних и нижних слоях формаций Сурме.

Среди важных проблем карстовых водных ресурсов и водных ресурсов других горных образований в Иране могут быть следующие: отсутствие непрерывной и регулярной статистики; отсутствие точной информации о количестве источников и водозаборов из карстовых резервуаров и необходимость тщательного отделения этих ресурсов от аллювиальных резервуаров; отсутствие комплексных исследований карстовых водных ресурсов Ирана; нерегулярная эксплуатация карстовых водоносных горизонтов во многих частях Ирана и несанкционированная эксплуатация независимо от баланса карстовых водоносных горизонтов и образования карстовых воронок; экологическое загрязнение водных ресурсов карста и твердых породных образований; неполноценные законы об охране и отсутствие исследований частных карстовых колодцев и источников; незнание техники разработки карста и отсутствие знаний и внимания к гидравлическому поведению этих формаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Kazemi R.** Research Trends and Hotspots on Karst Water Resource in Iran and the World // Water Harvest. Res. — 2022. — Vol. 4. — P. 245–255. — DOI: 10.22077/jwhr.2022.5373.1064
2. **Goldscheider N., Chen Z., Auler A.S., Bakalowicz M., Broda S., Drew D., Hartmann J., Jiang G., Moosdorf N., Stevanovic Z., Veni G.** Global distribution of carbonate rocks and karst water resources // Hydrogeol. Journ. — 2020. — Vol. 28. — P. 1661–1677. — DOI: 10.1007/s10040-020-02139-5
3. **Afrasiabian A.** Exploration on karst water resources. — Iran, Shiraz: Ministry of Energy, 1992, 1992. — 85 p.
4. **Afrasiabian A.** Hydrogeology of Karst Fractured Aquifer as Tool for Water Resocerce in Zagros Range (S.W. Iran) // Proceedings of the Internat. Karstological School. — 2019. — Vol. 27. — P. 33–45.
5. **Rahimi M.** Effect of rainfall, temperature, geological factors and baselevel of erosion on characteristics of Asmai-Jahrum Formations in central south of Iran. — Shiraz: Shiraz University Publishing House, 2006. — 120 p.
6. **Darvishzadeh A.** Geology of Iran. — Tehran: Neda Publication, 1991. — 604 p.
7. **Miliaresis G.C.** Geomorphometric mapping of Zagros Ranges at regional scale // Computational Geosciences. — 2001. — Vol. 27. — P. 775–786. — DOI: 10.1016/S0098-3004(00)00168-0
8. **Ashjari J., Raeisi E.** Influences of anticlinal structure on regional flow, Zagros, Iran // Journ. Cave Karst Stud. — 2006. — Vol. 68. — P. 118–129.
9. **Nezafati N.** Au-Sn-W-Cu-Mineralization in the Astaneh-Sarband Area, West Central Iran. — Tьbingen: Geowissenschaftlichen Fakultдt der Eberhard-Karls-Universitдt Tьbingen, 2006. — 210 p.
10. **Nezafati N.** Mineral Resources of Iran (an overview). 2015 [Electronic resource]. — https://www.academia.edu/13290406/Mineral_Resources_of_Iran_an_Over-view date of address 03.10.2023).
11. **National** Iranian oil company. Geological map of Iran. 1959 [Electronic resource]. — https://www.geographicus.com/P/AntiqueMap/irangeologicalmapira-noilcompany-1957 (date of address 03.10.2023).
12. **Ford D.C., Williams P.** Karst Hydrogeology and Geomorphology [Electronic resource]. — https://sudartomas.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/11/-karsthydrogeologyandgeomorphology1.pdf (date of address 03.10.2023).
13. **Hatzfeld D., Authemayou C., Van Der Beek P., Bellier O., Lave J., Oveisi B., Tatar M., Tavakoli F., Walpersdorf A., Yamini-Fard F.** The kinematics of the Zagros Mountains (Iran) // Tectonic and Stratigraphic Evolution of Zagros and Makran during the Mesozoic–Cenozoic. — London: Geological Society, Special Publications, 2010. — P. 19–42.
14. **Lacombe O., Grasemann B., Simpson G.** Introduction: Geodynamic evolution of the Zagros // Geol. Mag. — 2011. — Vol. 148. — P. 689–691. — DOI: 10.1017/S0016756811000550
15. **Afrasibian A.** Important karst features in Zagros Range (S.W. Iran) // Proceedings of the Proceedings of the 10th Internat. Symposium on Pseudokarst, 29 April – 2 May 2008. — Gorizia, Italy: Speleological Association of Slovenia, 2008. — P. 127–134.
16. **Afrasiabian A.** Role of tectonic and geology on karst water resources in Zagros // Proceedings of the Water Resources and Environmental Problems in Karst : Proceedings of the Internat. Conf. and Field Seminars, Belgrade – Kotor, September 2005. — Belgrade: Serbian Academy of Sciences. — P. 210–218.
17. **Heydarizad M.** Studying the Spatial Variations of Stable Isotopes (18O and 2 H) // Precipitation and Groundwater Resources in Zagros Region. — 2019. — Vol. 13. — P. 685–688.
18. **Fanack** water [Electronic resource]. — www.water.fanack.com (date of address 10.06.2023).
19. **Milanovic P.** The karst environment and some consequences of reclamation projects // Proceedings of the Internat. Symposium on Water Resources in Karst. Shiraz: UNESCO, 1993. — P. 118–126.
20. **Ashjari J., Raeisi E.** Lithological control on water chemistry in karst aquifers of the Zagros Range, Iran // Cave Karst Sci. — 2006. — Vol. 33. — P. 111–118.
21. **Mirzakhani A.** Gotvand Dam: An Environmental Disaster Available [Electronic resource]. — https://iranwire.com/en/features/65407/ (date of address 25.10.2023).
22. **Iran** water resources management company [Electronic resource]. — https://www.wrm.ir/?l=EN (date of address 25.10.2023).

Поступила в редакцию 13.03.2024
После доработки 29.01.2025
Принята к публикации 21.05.2025